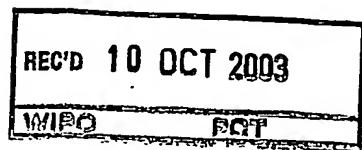


10/525240

PCT/JP03/10583

21.08.03

日本国特許庁  
JAPAN PATENT OFFICE



別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出願年月日 Date of Application: 2002年 8月22日

出願番号 Application Number: 特願2002-241802

[ST. 10/C]: [JP2002-241802]

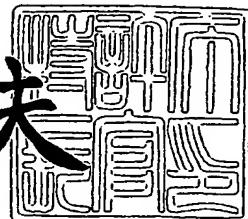
出願人 Applicant(s): 信越化学工業株式会社  
東京エレクトロン株式会社

PRIORITY DOCUMENT  
SUBMITTED OR TRANSMITTED IN  
COMPLIANCE WITH  
RULE 17.1(a) OR (b)

2003年 9月25日

特許庁長官  
Commissioner,  
Japan Patent Office

今井康夫



【書類名】 特許願  
【整理番号】 096-020070  
【提出日】 平成14年 8月22日  
【あて先】 特許庁長官 殿  
【国際特許分類】 H01L 21/302  
H01L 21/3065  
C23C 14/35

## 【発明者】

【住所又は居所】 福井県武生市北府二丁目1番5号 信越化学工業株式会  
社 磁性材料研究所 内

【氏名】 宮田 浩二

## 【発明者】

【住所又は居所】 東京都港区赤坂五丁目3番6号 東京エレクトロン株式  
会社 内

【氏名】 手塚 一幸

## 【発明者】

【住所又は居所】 東京都港区赤坂五丁目3番6号 東京エレクトロン株式  
会社 内

【氏名】 達下 弘一

## 【発明者】

【住所又は居所】 東京都港区赤坂五丁目3番6号 東京エレクトロン株式  
会社 内

【氏名】 小野 博夫

## 【発明者】

【住所又は居所】 東京都港区赤坂五丁目3番6号 東京エレクトロン株式  
会社 内

【氏名】 永閑 一也

**【特許出願人】****【識別番号】** 000002060**【氏名又は名称】** 信越化学工業株式会社**【特許出願人】****【識別番号】** 000219967**【氏名又は名称】** 東京エレクトロン株式会社**【代理人】****【識別番号】** 100082197**【弁理士】****【氏名又は名称】** 森崎 俊明**【手数料の表示】****【予納台帳番号】** 056409**【納付金額】** 21,000円**【提出物件の目録】****【物件名】** 明細書 1**【物件名】** 図面 1**【物件名】** 要約書 1**【プルーフの要否】** 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 プラズマ処理装置及びプラズマ処理方法

【特許請求の範囲】

【請求項1】被処理基板を収容する処理室と、該処理室内に設けられて前記被処理基板に所定のプラズマ処理を施すためのプラズマを発生させる機構と、永久磁石からなる磁石セグメントを複数個配列し、前記処理室外に設けられて前記処理室内の前記被処理基板の周囲に所定のマルチポール磁場を形成する磁場形成機構とを備えたプラズマ処理装置であって、

前記磁場形成機構と前記処理室との間に導電体のリングを配置し、該導電体のリングが該リングの中心軸の回りに回転可能であることを特徴とするプラズマ処理装置。

【請求項2】請求項1記載のプラズマ処理装置において、前記導電体のリングの回転数は制御可能であることを特徴とするプラズマ処理装置。

【請求項3】請求項1又は2記載のプラズマ処理装置を用いて、前記被処理基板にプラズマを作用させてエッティング処理を施すことを特徴とするプラズマ処理方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明はプラズマ処理装置に関し、特に、半導体ウエハ等の被処理基板にエッティング等のプラズマ処理を施すプラズマ処理装置及びプラズマ処理方法に関するもの。

【0002】

【従来の技術】

従来から、半導体装置の製造分野においては、処理室内にプラズマを発生させ、このプラズマを処理室内に配置した被処理基板例えば半導体ウエハ等に作用させて、所定の処理、例えば、エッティング、成膜等を行うプラズマ処理装置が知られている。

【0003】

このようなプラズマ処理装置において、良好な処理を行うためには、プラズマの状態を、プラズマ処理に適した良好な状態に維持する必要があり、このため、従来からプラズマを制御するための磁場を形成する磁場形成機構を具備したプラズマ処理装置が用いられている。

#### 【0004】

磁場形成機構としては、被処理面を上方に向けて水平に配置した半導体ウエハ等の被処理基板に対し、その周囲を囲むようにN及びSの磁極が交互に隣接するように配列し、半導体ウエハの上方には磁場を形成せず、ウエハの周囲を囲むようにマルチポール磁場を形成するマルチポール型のものが知られている。マルチポールの極数は4以上の偶数であり、好ましくは8から32の間でウエハ周囲の磁場強度が処理条件に合うように極数が選ばれる。

#### 【0005】

##### 【発明が解決しようとする課題】

このように、処理室内の半導体ウエハ等の被処理基板の周囲に、所定のマルチポール磁場を形成し、このマルチポール磁場によってプラズマの状態を制御しつつ、エッティング処理等のプラズマ処理を行うプラズマ処理装置は公知である。しかしながら、本発明者等の研究によれば、プラズマ処理、例えば、プラズマエッティング等においては、マルチポール磁場の強度によりエッティング速度の面内均一性が変化することが判明した。

#### 【0006】

ここで、上述した磁場形成機構が、電磁石から構成されたものであれば、磁場の形成及び消滅等の制御は容易に行うことができる。しかし、電磁石を用いると消費電力が増大するという問題が生じるため、多くの装置では永久磁石を用いるのが一般的である。しかし、永久磁石を用いる場合、磁場を“形成する”或いは“形成しない”等の制御は、磁場形成手段自体を装置に取付けたり或いは装置から取外したりする必要があった。このため、磁場形成手段の着脱に大掛かりな装置を必要とするため作業に長時間を要するという問題があり、従って、半導体処理全体の作業効率を低下させるという問題があった。

#### 【0007】

本発明は、このような従来の問題を解決するためになされたものであり、プラズマ処理プロセスの種類に応じて適切なマルチポール磁場の状態に制御、設定することができ、良好な半導体処理を簡単且つ容易に行うことを可能にしたプラズマ処理装置を提供することである。

#### 【0008】

##### 【課題を解決するための手段】

本発明は、被処理基板を収容する処理室と、該処理室内に設けられて前記被処理基板に所定のプラズマ処理を施すためのプラズマを発生させる機構と、永久磁石からなる磁石セグメントを複数個配列し、前記処理室外に設けられて前記処理室内の前記被処理基板の周囲に所定のマルチポール磁場を形成する磁場形成機構とを備えたプラズマ処理装置であって、前記磁場形成機構と前記処理室との間に導電体のリングを配置し、該導電体のリングが該リングの垂直中心軸の回りに回転可能であることを特徴とする。更に、本発明は、前記導電体のリングの回転数を変化させてマルチポール磁場の強度を制御可能とするものであり、更にまた、本発明に係るプラズマ処理装置では、前記被処理基板にプラズマを作用させてエッティング処理を施すことを特徴とする。

#### 【0009】

##### 【発明の実施の形態】

以下、図面を参照して本発明に係る実施の形態を説明する。

#### 【0010】

図1は、本発明に係る実施の形態を、半導体ウエハのエッティングを行うプラズマエッティング装置に適用した場合の構成を模式的に示したものである。同図において、符号1は材質が例えばアルミニウム等からなる円筒状の真空チャンバであり、プラズマ処理室を構成する。この真空チャンバ1は小径の上部1aと大径の下部1bからなる段付きの円筒形状となっており接地電位に接続されている。また、真空チャンバ1の内部には、被処理基板としての半導体ウエハWを、その被処理面を上側に向けて略水平に支持する支持テーブル（サセプタ）2が設けられている。

#### 【0011】

この支持テーブル2は例えばアルミニウム等の材質で構成されており、セラミックなどの絶縁板3を介して導体の支持台4で支持されている。また支持テーブル2の上方の外周には導電性材料または絶縁性材料で形成されたフォーカスリング5が設けられている。

#### 【0012】

支持テーブル2の半導体ウエハWの載置面には半導体ウエハWを静電吸着するための静電チャック6が設けられている。この静電チャック6は絶縁体6bの間に電極6aを配置して構成されており、電極6aには直流電源13が接続されている。電極6aに電源13から電圧を印加することにより、半導体ウエハWを支持テーブル2にクーロン力によって吸着させる。

#### 【0013】

さらに、支持テーブル2には冷媒を循環させるための冷媒流路（図示せず）と、冷媒からの冷熱を効率よく半導体ウエハWに伝達するために、半導体ウエハWの裏面にHeガスを供給するガス導入機構（図示せず）とが設けられ、半導体ウエハWを所望の温度に制御できるようになっている。

#### 【0014】

上記支持テーブル2と支持台4はボールねじ7を含むボールねじ機構により昇降可能となっており、支持台4の下方の駆動部分はステンレス鋼（SUS）製のベローズ8で覆われ、ベローズ8の外側にはベローズカバー9が設けられている。

#### 【0015】

支持テーブル2のほぼ中央には高周波電力を供給するための給電線12が接続している。この給電線12にはマッチングボックス11及び高周波電源10が接続されている。高周波電源10からは13.56～150MHz（好ましくは13.56～100MHz）の範囲内の高周波電力、例えば100MHzの高周波電力が支持テーブル2に供給される。

#### 【0016】

また、エッチングレートを高くするためには、プラズマ生成用の高周波とプラズマ中のイオンを引き込むための高周波とを重畠させることが好ましく、イオン引き込み（バイアス電圧制御）用の高周波電源（図示せず）としては周波数が50

0KHz～13.56MHzの範囲のものが用いられる。なお、この周波数はエッチング対象がシリコン酸化膜の場合は3.2MHz、ポリシリコン膜や有機材料膜の場合は13.56MHzが好ましい。

#### 【0017】

さらに、フォーカスリング5の外側にはバッフル板14が設けられている。バッフル板14は、支持台4及びペローズ8を介して、真空チャンバ1と電気的に導通している。一方、支持テーブル2の上方の真空チャンバ1の天壁部分には、シャワーヘッド16が、支持テーブル2と平行に対向するように設けられており、このシャワーヘッド16は接地されている。したがって、これらの支持テーブル2およびシャワーヘッド16は、一对の電極として機能する。

#### 【0018】

シャワーヘッド16には多数のガス吐出孔18が設けられており、シャワーヘッド16の上部にガス導入部16aが設けられている。シャワーヘッド16と真空チャンバ1の天壁のあいだにはガス拡散用空隙17が形成されている。ガス導入部16aにはガス供給配管15aが接続しており、このガス供給配管15aの他端には、エッチング用の反応ガス及び希釈ガス等からなる処理ガスを供給する処理ガス供給系15が接続している。

#### 【0019】

反応ガスとしては、例えば、ハロゲン系（フッ素系、塩素系）或いは水素系のガス等を用いることができ、希釈ガスとしては、Arガス、Heガス等の通常この分野で用いられるガスを用いることができる。このような処理ガスが、処理ガス供給系15からガス供給配管15a、ガス導入部16aを介してシャワーヘッド16上部のガス拡散用空隙17に至り、ガス吐出孔18から吐出され、半導体ウエハWに形成された膜のエッチングに供給される。

#### 【0020】

真空チャンバ1の下部1bの側壁には、排気ポート19が形成されており、この排気ポート19には排気系20が接続している。この排気系20に設けられた真空ポンプを作動させることにより真空チャンバ1内を所定の真空度にまで減圧することができる。さらに、真空チャンバ1の下部1bの側壁上側には、半導体

ウェハWの搬入出口を開閉するゲートバルブ24が設けられている。

#### 【0021】

一方、真空チャンバ1の上部1aの外側周囲には、環状の磁場形成機構（リング磁石）21が真空チャンバ1と同心状に配置されており、支持テーブル2とシャワーヘッド16との間の処理空間の周囲に磁場を形成するようになっている。この磁場形成機構21は、回転機構25によって、その全体が、真空チャンバ1の回りを所定の回転速度好ましくは10～20 rpmで回転可能である。

#### 【0022】

磁場形成機構21は、図2に示すように、支持部材（図示せず）により支持された複数の磁石セグメント22（図2の場合は16個）を主要構成要素とし、この複数の磁石セグメント22を、真空チャンバ1側に向く磁極がS, N, S, N, …となるように配置している。セグメント磁石22の外周は磁気効率を上げるために磁性体（例えば鉄）のリング23で囲まれていることが好ましい。

#### 【0023】

すなわち、磁場形成機構21において、図2に示す状態では、隣り合う磁石セグメント22の磁石の向きが径方向で互いに逆向きになるように配置されている。従って、チャンバ1内には磁力線が図示のように隣接する磁石セグメント22間に形成され、処理空間の周辺部、即ち真空チャンバ1の内壁近傍では例えば0.02～0.2T（200～2000G）、好ましくは0.03～0.045T（300～450G）の磁場が形成され、半導体ウェハWの中心部はマルチポール磁場が弱く形成されている。

#### 【0024】

なお、このように磁場の強度範囲が規定されるのは、磁場強度が強すぎると磁束洩れの原因となる場合があり、弱すぎるとプラスズマ閉じ込めによる効果が得られなくなる場合があるためである。従って、このような数値は、装置の構造（材料）によって決まる一例であって、必ずしもこの数値範囲に限定されるものではない。

#### 【0025】

また、上述した半導体ウェハWの中心部における磁場が弱いとは、本来ゼロT（テスラ）であることが望ましいが、半導体ウェハWの配置部分にエッティング処

理に影響を与える磁場が形成されず、実質的にウエハ処理に影響を及ぼさない値であればよい。図2に示す状態では、ウエハ周辺部に例えば磁束密度 $420 \mu T$  ( $4.2G$ ) 以下の磁場が印加されており、これによりプラズマを閉じ込める機能が発揮される。

#### 【0026】

さらに、本実施の形態においては、上記磁場形成機構21と真空チャンバ1の間にアルミニウム等でできた非磁性体の導電体リング26を配置し、回転機構27によりこの導電体リング26を所定の回転数（好ましくは $30 \sim 300 \text{ rpm}$ ）で回転できるようになっている。ここでいう回転数とは上記磁場形成機構21との相対的な速度をいう。

#### 【0027】

導電体リング26が回転すると、磁場形成機構21からの磁束が導電体リング26を鎖交することにより導電体リング内部に磁束が通るのを妨げるように渦電流が発生し、この結果、導電体リング26の内側の磁場強度は導電体リング26の回転数に応じて弱められる。

#### 【0028】

つまり、導電体リング26の回転数を変化させればチャンバ1内の磁場強度を制御できる。図3は縦軸を磁場強度、横軸を真空チャンバ1内に配置した半導体ウエハWの中心からの距離とし、導電体リング26が回転していない場合のチャンバ1内の磁場強度 $0.033T$  ( $330G$ ) から、導電体リング26の回転数を $200\text{rpm}$ に上げて $0.017T$  ( $170G$ ) とした状態までを示している。

#### 【0029】

このように、本実施の形態においては、導電体リング26の回転数を制御することによって、真空チャンバ1内の半導体ウエハWの周囲にマルチポール磁場を形成する状態と、真空チャンバ1内の半導体ウエハWの周囲に実質的にマルチポール磁場を非常に弱くした状態（好ましくは約半分程度）にまで設定できるよう構成されている。

#### 【0030】

したがって、例えば、上述したシリコン酸化膜等のエッチングを行う場合は、

真空チャンバ1内の半導体ウエハWの周囲にマルチポール磁場を形成してエッチングを行い、これによって半導体ウエハWの面内のエッティングレートの均一性を向上させることができる。一方、上述した有機系の低誘電率膜（Low-K）等のエッティングを行う場合は、真空チャンバ1内の半導体ウエハWの周囲にマルチポール磁場を実質的に形成しないで（弱めて）エッティングを行い、これによって半導体ウエハWの面内のエッティングレートの均一性を向上させることができる。

#### 【0031】

図4～図6は、縦軸をエッティングレート（エッティング速度）とし、横軸を半導体ウエハの中心からの距離として、半導体ウエハW面内のエッティングレートの均一性を調べた結果を示す。図4～図6の各図において、曲線Aは真空チャンバ1内に0.03T（300G）のマルチポール磁場を形成した場合、曲線Bは真空チャンバ1内に0.08T（800G）のマルチポール磁場を形成した場合示している。

#### 【0032】

図4はC<sub>4</sub>F<sub>8</sub>ガスでシリコン酸化膜をエッティングした場合、図5はCF<sub>4</sub>ガスでシリコン酸化膜をエッティングした場合、図6はN<sub>2</sub>とH<sub>2</sub>を含む混合ガスで有機系低誘電率膜（Low-K）をエッティングした場合を示している。図4及び図5に示すように、C<sub>4</sub>F<sub>8</sub>やCF<sub>4</sub>ガス等のCとFを含むガスでシリコン酸化膜をエッティングする場合は、真空チャンバ1内にマルチポール磁場を弱い状態でエッティングを行った方が、エッティングレートの面内均一性を向上させることができることが判る。また、図6に示すように、N<sub>2</sub>とH<sub>2</sub>を含む混合ガスで有機系低誘電率膜（Low-K）をエッティングした場合は、真空チャンバ1内にマルチポール磁場が弱い状態でエッティングを行った方が、エッティングレートの面内均一性を向上させることができることが判る。

#### 【0033】

以上のとおり、本実施の形態においては、導電体リング26を回転させることにより、真空チャンバ1内のマルチポール磁場の状態を容易に制御することができ、実施するプロセスによって、最適なマルチポール磁場の状態で良好な処理を行うことができる。

#### 【0034】

尚、導電体リング26の材質はアルミニウムに限定されるものでなく、導電率の良好な非磁性体、例えば、銅或いは真鍮などでも構わない。リングの厚みは、渦電流が十分発生して機械的な強度が十分に得られる寸法であって、例えば、5～20mm程度とすればよい。

#### 【0035】

次に、上述のように構成されたプラズマエッティング装置における処理について説明する。

#### 【0036】

先ず、ゲートバルブ24を開放し、このゲートバルブ24に隣接して配置したロードロック室を介して搬送機構（共に図示せず）により半導体ウェハWを真空チャンバ1内に搬入し、予め所定の位置に下降されている支持テーブル2上に載置する。次いで、直流電源13から静電チャック6の電極6aに所定の電圧を印加すると、半導体ウェハWはクーロン力により支持テーブル2に吸着される。

#### 【0037】

その後、搬送機構を真空チャンバ1の外部に退避させた後、ゲートバルブ24を閉じて支持テーブル2を図1に示す位置まで上昇させると共に、排気系20の真空ポンプにより排気ポート19介して真空チャンバ1の内部を排気する。

#### 【0038】

真空チャンバ1の内部が所定の真空度になった後、真空チャンバ1内に処理ガス供給系15から所定の処理ガスを、例えば100～1000sccmの流量で導入し、真空チャンバ1内を所定の圧力、例えば1.33～133Pa(10～1000mTorr)、好ましくは2.67～26.7Pa(20～200mTorr)程度に保持する。

#### 【0039】

この状態で高周波電源10から、支持テーブル2に、周波数が13.56～150MHz、例えば100MHz、電力が100～3000Wの高周波電力を供給する。この場合に、上述のようにして下部電極である支持テーブル2に高周波電力を印加することにより、上部電極であるシャワーヘッド16と下部電極である支持テーブル2との間の処理空間には高周波電界が形成され、これにより処理空間に供給された処理ガスがプラズマ化されて、そのプラズマにより半導体ウェハW上の所定の膜が

エッティングされる。

#### 【0040】

この時、上述したように、導電体リング26の回転をゼロ或いは所定の回転数（例えば30～300 rpm）で回転させ、真空チャンバ1内に所定の強度のマルチポール磁場を形成、若しくは、実質的に真空チャンバ1内にマルチポール磁場を略半分にした状態に設定する。

#### 【0041】

なお、マルチポール磁場を形成すると、真空チャンバ1の側壁部（デポシルド）の磁極に対応する部分（例えば図2のPで示す部分）が局部的に削られる現象が生じるおそれがある。これに対して、モータ等の駆動源を備えた回転機構25により、磁場形成機構21を真空チャンバ1の周囲で回転させることにより、真空チャンバ1の壁部に対して磁極が移動するため、真空チャンバ1の壁部が局部的に削られることを防止することができる。

#### 【0042】

所定のエッティング処理を実行すると、高周波電源10から高周波電力の供給を停止して、エッティング処理を停止した後、上述した手順とは逆の手順で半導体ウエハWを真空チャンバ1から外部に搬出する。

#### 【0043】

なお、上述の実施の形態においては、本発明を半導体ウエハのエッティングを行うエッティング装置に適用した場合について説明したが、本発明はこのような場合に限定されるものではない。例えば、本発明は、半導体ウエハ以外の基板を処理する装置に応用可能であり、更には、エッティング以外のプラズマ処理、例えばCVD等の成膜処理装置にも適用することができる。

#### 【0044】

#### 【発明の効果】

以上説明したとおり、本発明によれば、プラズマ処理プロセスの種類に応じて適切なマルチポール磁場の状態を容易に制御、設定することができ、良好なプラズマ処理を容易に行うことができる。

#### 【図面の簡単な説明】

【図1】本発明が適用されるプラズマ処理装置の概略を示す図。

【図2】本発明の実施の形態を更に詳しく説明するための概略図。

【図3】図1及び図2に示した導電体リングの回転とチャンバ内の磁場強度の関係を示す図。

【図4】本発明の実施の形態によるエッチング速度の半導体ウエハの面内分布と磁場との関係の一例を示す図。

【図5】本発明の実施の形態によるエッチング速度の半導体ウエハの面内分布と磁場との関係の一例を示す図。

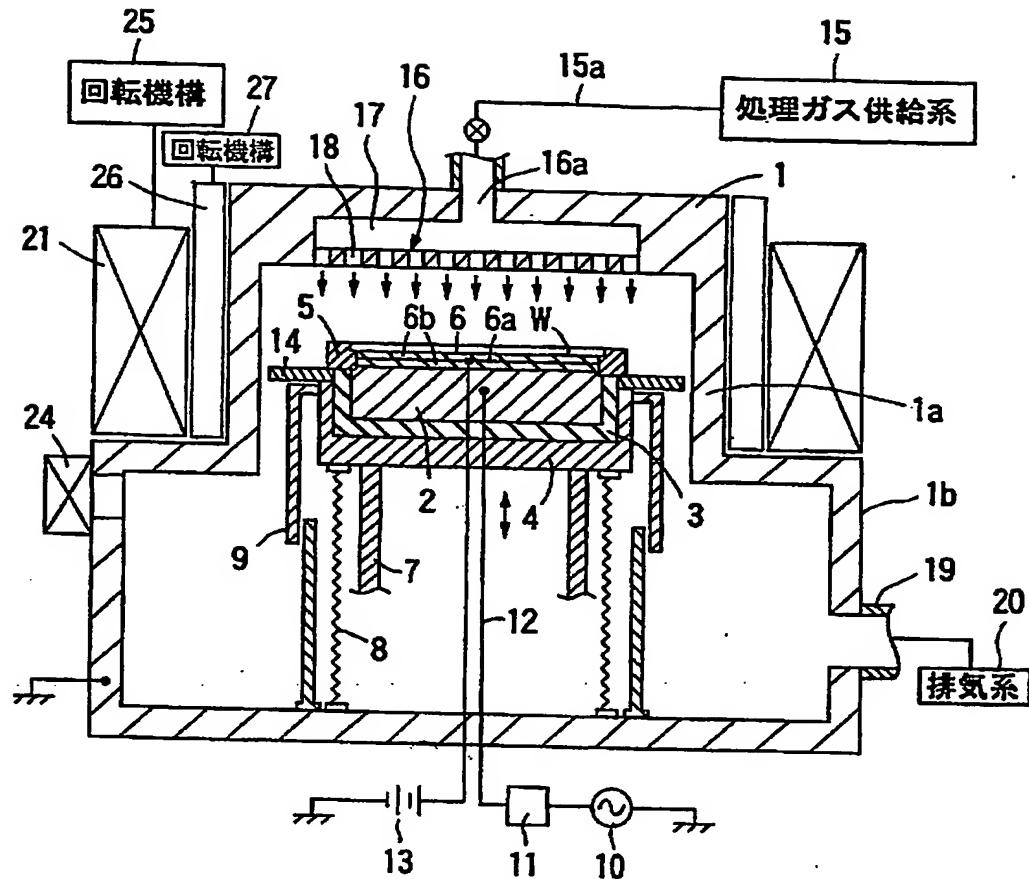
【図6】本発明の形態によるエッチング速度の半導体ウエハの面内分布と磁場との関係の一例を示す図。

【符号の説明】

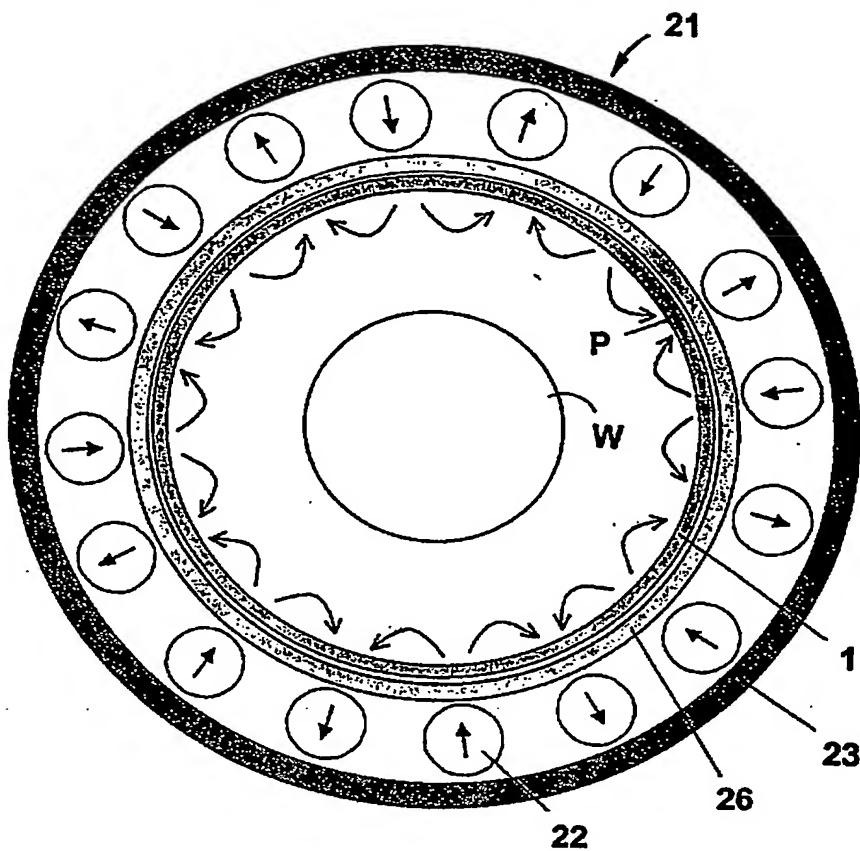
1 … 真空チャンバ、 2 … 支持テーブル、 3 … 絶縁板、 4 … 支持台、 5 … フォーカスリング、 6 … 静電チャック、 7 … ポールねじ、 8 … ベローズ、 9 … ベローズカバー、 10 … 高周波電源、 11 … マッチングボックス、 12 … 給電線、 13 … 直流電源、 14 … バッフル板、 15 … 処理ガス供給系、 16 … シャワーヘッド、 17 … ガス拡散用空隙、 18 … ガス吐出孔、 19 … 排気ポート、 20 … 排気系、 21 … 磁場形成機構、 22 (22a, 22b) … 磁石セグメント、 24 … ゲートバルブ、 25 … 磁場発生機構の回転機構、 26 … 導電体リング、 27 … 導電体リングの回転機構。

【書類名】 図面

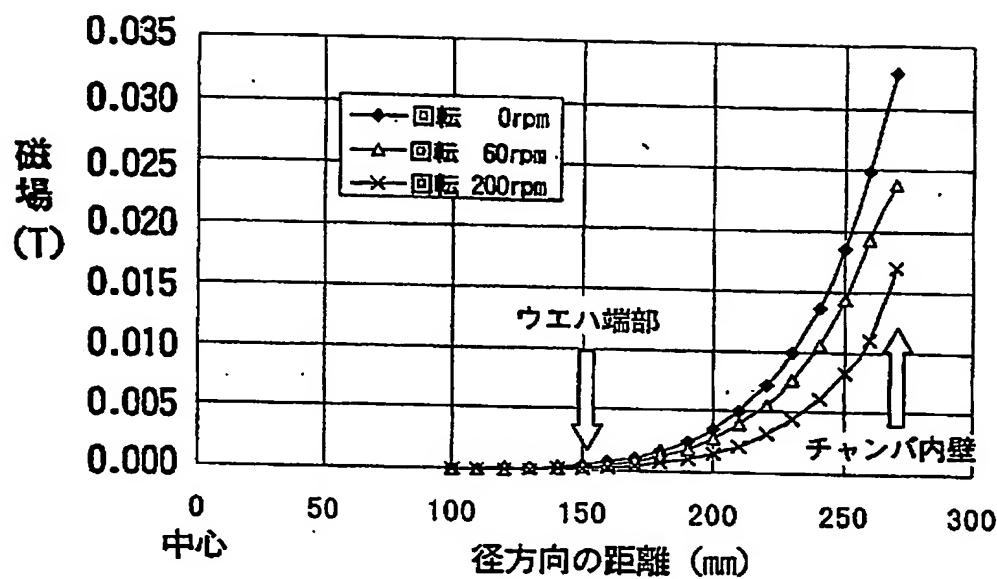
【図1】



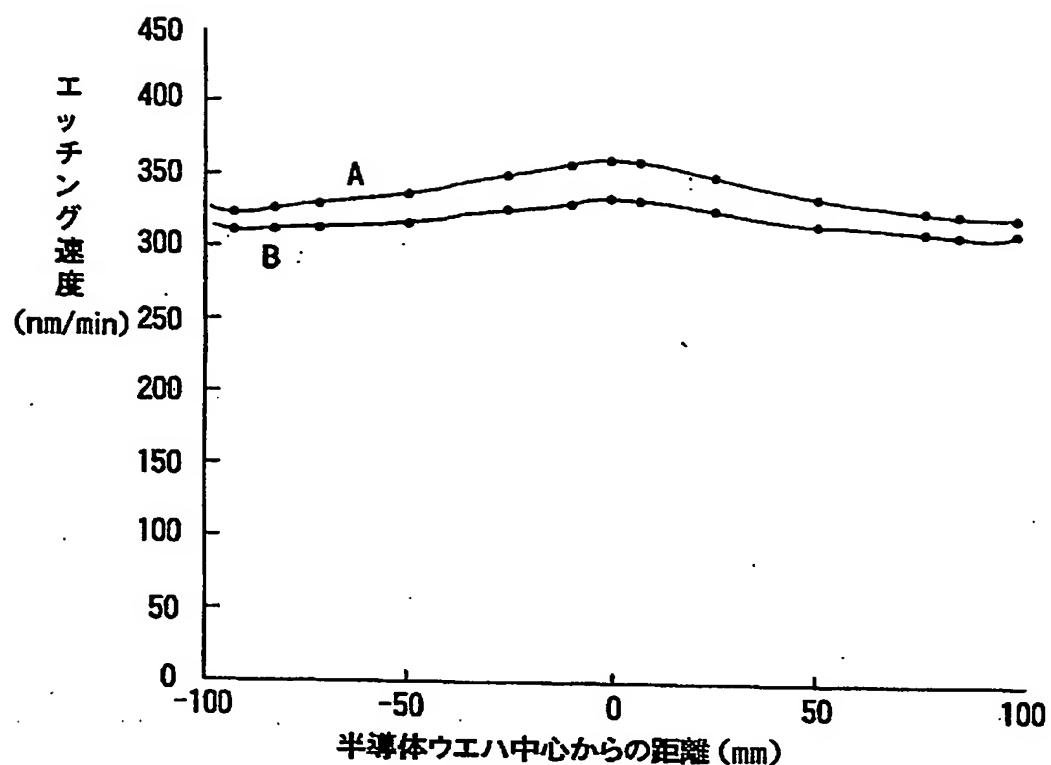
【図2】



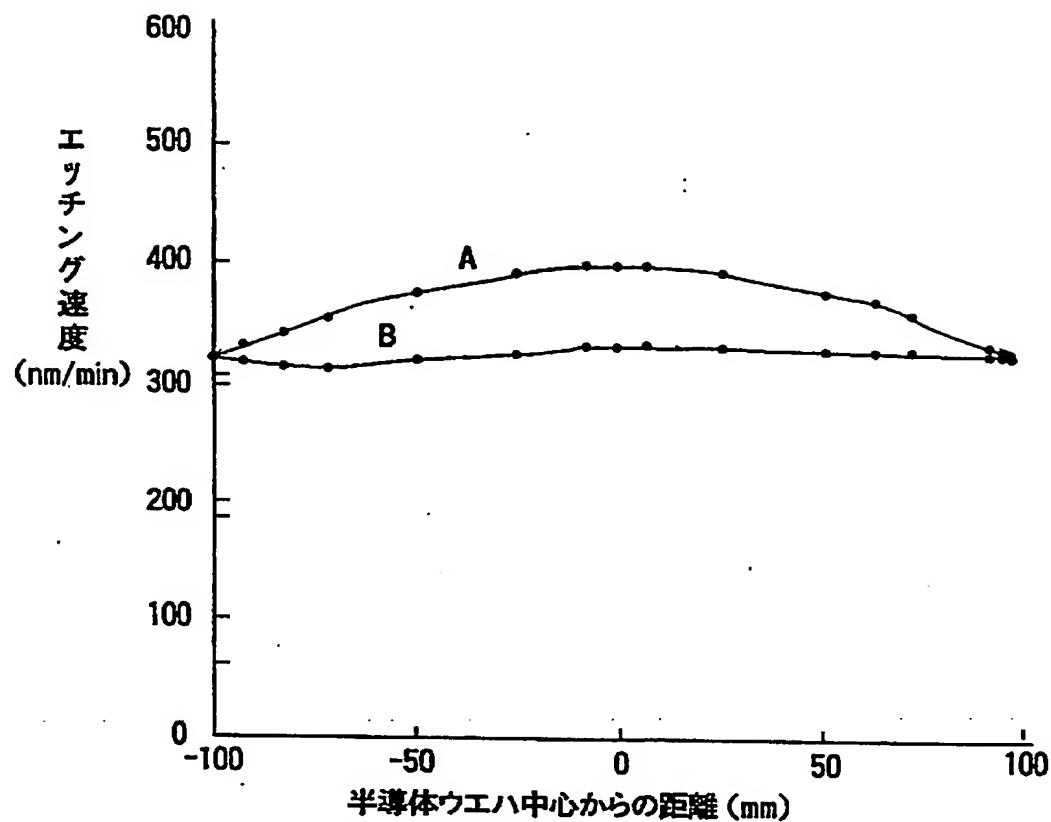
【図3】



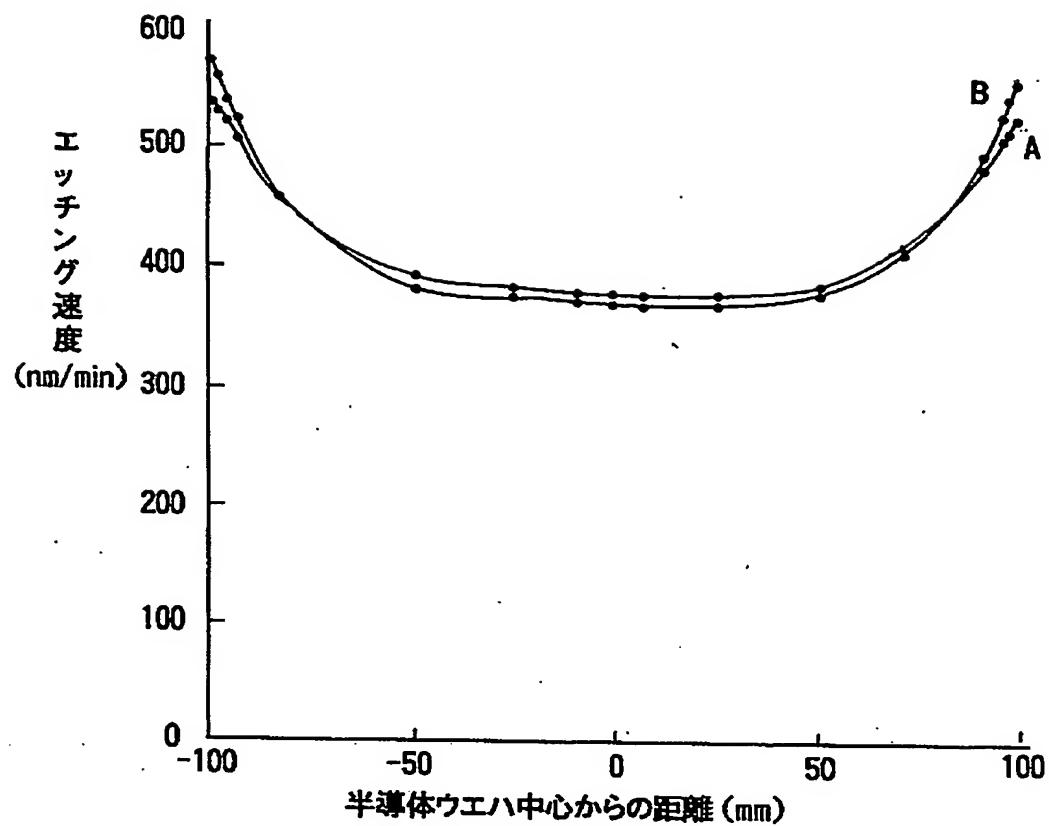
【図4】



【図 5】



【図6】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 マルチポール磁場の状態をプラズマ処理プロセスの種類に応じて適切に設定することができ、良好な半導体処理を簡単且つ容易に行うことを可能にしたプラズマ処理装置を提供すること。

【解決手段】 被処理基板を収容する処理室と、該処理室内に設けられて前記被処理基板に所定のプラズマ処理を施すためのプラズマを発生させる機構と、永久磁石からなる磁石セグメントを複数個配列し、前記処理室外に設けられて前記処理室内の前記被処理基板の周囲に所定のマルチポール磁場を形成する磁場形成機構とを備えたプラズマ処理装置に関し、前記磁場形成機構と前記処理室との間に導電体のリングを配置し、該導電体のリングが該リングの垂直中心軸の回りに回転可能とした。

【選択図】 図1

特願 2002-241802

出願人履歴情報

識別番号 [000002060]

1. 変更年月日 1990年 8月22日

[変更理由] 新規登録

住所 東京都千代田区大手町二丁目6番1号  
氏名 信越化学工業株式会社

特願2002-241802

出願人履歴情報

識別番号 [000219967]

1. 変更年月日 1994年 9月 5日

[変更理由] 住所変更

住 所 東京都港区赤坂5丁目3番6号  
氏 名 東京エレクトロン株式会社

2. 変更年月日 2003年 4月 2日

[変更理由] 住所変更

住 所 東京都港区赤坂五丁目3番6号  
氏 名 東京エレクトロン株式会社